

ROAD SHAPE DETECTOR

Patent Number: JP8249597
Publication date: 1996-09-27
Inventor(s): YAMAMURA TOSHIHIRO; SHIRATO RYOTA
Applicant(s):: NISSAN MOTOR CO LTD
Requested Patent: JP8249597
Application Number: JP19950055302 19950315
Priority Number(s):
IPC Classification: G08G1/16 ; G01B11/24 ; G06T1/00 ; G08G1/00 ; H04N7/18
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To improve accuracy or stability of detecting road shape by reducing the weighting value to a window generated by an interrupting vehicle detected based on the point of edges on the detected straight line of window.

CONSTITUTION: A window setting means 13 sets the plural windows from picked-up image data and an edge point extracting means 12 extracts the edge component of image data. An edge point counting means 14 counts the number of edge components existent on all the line segments formed by connecting points on two sides opposed to each other in the direction of lane. Then, a straight line detecting means 15 detects the line segment having the largest edge point counted value corresponding to each window. Besides, a vehicle detecting means 16 detects a vehicle moved from the adjacent lane into the car driving lane by comparing the edge point counted values, and a weighting changing means 17 changes the weighting value to the detected window. Then, a road shape detecting means 18 detects the road shape by detecting a lane display line by using the detected straight line and the weighting value.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-249597

(43) 公開日 平成8年(1996)9月27日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 8 G	1/16		G 0 8 G 1/16	C
G 0 1 B	11/24		G 0 1 B 11/24	C
G 0 6 T	1/00		G 0 8 G 1/00	J
G 0 8 G	1/00		H 0 4 N 7/18	J
H 0 4 N	7/18		G 0 5 D 1/02	K
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平7-55302

(22) 出願日 平成7年(1995)3月15日

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 山村 智弘

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(72) 発明者 白▲土▼ 良太

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

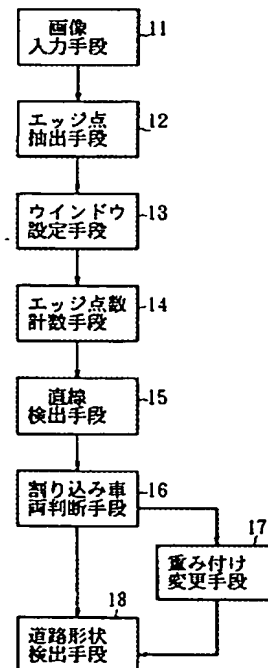
(74) 代理人 弁理士 笹島 富二雄

(54) 【発明の名称】 道路形状検出装置

(57) 【要約】

【目的】 割り込み車両による車線表示ラインの誤検出を防止し、道路形状の検出精度を向上させる。

【構成】 前方の道路画像から直線成分を表すエッジ成分を検出することにより車線表示ラインの位置を認識し、割り込み車両が存在する場合においてもエッジ成分の比較により割り込み車両を検出し、精度良く道路形状を検出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 自車両前方の走行路状況を撮像する撮像手段と、

該撮像手段により撮像された画像データから車線表示ラインが含まれるようにウィンドウを複数個設定するウィンドウ設定手段と、

該画像データのエッジ成分を抽出するエッジ点抽出手段と、

該ウィンドウ設定手段により設定した各ウィンドウに対して、車線方向に向かい合う2辺上の点同志を結んでできる全線分上にあるエッジ成分の点数を計数するエッジ点計数手段と、

前記各ウィンドウに対して該エッジ点計数手段により得られたエッジ点計数値が最も多い線分を該ウィンドウ内での検出直線として検出する直線検出手段と、

✓ 自車走行車線の隣接車線から自車走行車線に進入する車両を前記エッジ点計数値の比較により検出する割り込み車両検出手段と、

✓ 割り込み車両が検出されたウィンドウに対して重み付け値を変更する重み付け変更手段と、

✓ 各ウィンドウの検出直線と重み付け値を用いて車線表示ラインを検出し、該車線表示ラインより道路形状を検出する道路形状検出手段と、を備えて構成したことを特徴とする道路形状検出装置。

【請求項2】 前記割り込み車両検出手段は、前記ウィンドウ設定手段により設定された1つのウィンドウに対し、前記エッジ点計数手段で連続的に計数した検出直線上のエッジ点数が一定値以上になった場合に、該ウィンドウ内に割り込み車両が存在すると判断することを特徴とする請求項1記載の道路形状検出装置。

【請求項3】 前記直線検出手段により検出された直線上におけるエッジ点計数値の経時変化の周期性を求めるエッジ点計数値周期性検出手段を設け、検出したエッジ点数の経時変化が該周期性を失った場合に、ウィンドウ内に割り込み車両が存在すると判断することを特徴とする請求項1に記載の道路形状検出装置。

【請求項4】 破線の車線表示ラインの有線部の長さとな線部の長さに基づいてウィンドウの大きさを変更するウィンドウ大きさ変更手段を設けたことを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の道路形状検出装置。

【請求項5】 前記ウィンドウ大きさ変更手段は、前記ウィンドウを道路上に投影したときの車線方向のウィンドウの大きさを、破線の車線表示ラインの有線部の長さとな線部の長さとの間に設定することを特徴とする請求項4に記載の道路形状検出装置。

【請求項6】 前記直線検出手段により検出された直線上におけるエッジ点計数値の経時変化からウィンドウ内で検出された検出直線が実線の車線表示ラインであるか破線の車線表示ラインであるかを判別する実線破線判別手段を設け、検出直線が破線の車線表示ラインであったと

きにのみ前記割り込み車両判断を行うことを特徴とする、請求項1～5のいずれか1つに記載の道路形状検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、車両に搭載され自車両の前方の走行路状況の画像から走行車線の形状および先行車両並びに障害物を認識する装置に係わり、特に、自車走行車線に割り込み車両が存在した際に割り込み車両を検出し、障害物および道路形状の検出精度を向上させる技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の車両搭載用の道路形状の検出装置として、例えば特開平4-311211に開示されているものがある。この装置における検出方法は、まず図20に示すエッジ抽出処理を施した画像中に撮像画像より小さい特定の領域（ウィンドウ）201を自車走行車線の左側に存在する車線表示ライン（レーンマーク）202 または右側に存在する車線表示ライン203 等の近傍に車線表示ラインがウィンドウ内に含まれるように複数個設定する。

【0003】 次に、図21に示す前述の一つのウィンドウ201において、ウィンドウ201の上底211上の任意の1点213（ x_{11} , y_1 ）と、下底212上の任意の1点214（ x_{21} , y_2 ）を結ぶ線分上の画素の濃度値の和をそれぞれの線分に対して求める。そして、濃度値の和が最大となった線分をウィンドウ内に存在する直線として検出し、この直線検出結果から車線表示ラインの位置を認識し、走行している道路の形状を検出するものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 このような従来の車両搭載用の道路形状の検出装置においては、以下に示す問題点があった。前記ウィンドウ内の直線検出方法においては、ウィンドウ内に生成する全線分の中から、線分上の画素の濃度値の和が最大となる線分、即ちエッジ抽出処理画像におけるエッジを最も多く含む線分を、そのウィンドウ内に存在する直線として検出している。

【0005】 しかし、図22に示す自車走行車線221に隣接する隣接車線222からの割り込み車両223が存在する場合には、その割り込み車両223の車体、あるいは影によるエッジ224が車線表示ライン225によるエッジ226より長くなり、割り込み車両223が存在するウィンドウ227においては車線表示ライン225の位置を正確に示さなくなる。

【0006】 また、割り込み車両223が存在した場合以外にも、例えば図23に示す車線表示ライン231の近傍に存在する急ブレーキ痕232を含むウィンドウ233およびウィンドウ234や、図24に示す隣接車線241と合流する部分を含むウィンドウ242などにおいても同様で、これらのウィンドウにおいては、実際に検出すべき車線

3

表示ラインよりも急ブレーキ痕や隣接車線右側の車線表示ライン243によりエッジが長くなるために車線表示ラインの検出精度が低下するおそれがある。

【0007】これら問題点の主たる原因は、割り込み車両、急ブレーキ痕、隣接車線側の車線表示ラインによるエッジがウィンドウ上下方向にほぼ全域に渡るのに対して、ウィンドウ内で検出しようとする車線表示ラインは破線であるために、前記エッジよりも短くなることにある。また、各ウィンドウにおける直線検出結果に基づいて走行車線形状を検出する場合、ウィンドウ毎の検出結果の重み付けとして、各ウィンドウの直線上のエッジ点数を検出した直線の信頼度としても用いているが、前述の割り込み車両等により誤検出された直線は、前記のようにウィンドウ上下方向全域に渡るため、他のウィンドウに対して重み付けが大きくなる。その結果、1つのウィンドウでの直線の誤検出が、車線表示ラインの検出に大きな影響を及ぼす。

【0008】この道路形状の検出装置を、例えば先行車との接近度を判断し接近し過ぎと判断したときにに報知させる障害物報知システムへ応用した場合には、割り込み車両が存在する場合にできるだけ早くその存在を検出する必要がある。ところが、従来の道路形状の検出装置においては割り込み車両の発生を検出することができないため、割り込み車両の検出用として別途検出処理を組み込む必要がある。

【0009】そのため、画面上で割り込みの可能性があると考えられる全ての領域に対して、割り込み車両の検出処理を施す必要が生じ、計算処理の負荷が非常に大きくなる問題がある。本発明はこのような従来の問題点に着目してなされたもので、車線表示ラインの誤検出を防止し、道路形状の検出精度を向上させる道路形状検出装置を提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】このため、請求項1に記載の発明による車両搭載用の道路形状の検出装置は、自車両前方の走行路状況を撮像する撮像手段と、該撮像手段からの画像データのエッジ成分を抽出するエッジ点抽出手段と、該エッジ点抽出手段によりエッジ成分を抽出した画像データから車線表示ラインを含むようにウィンドウを設定するウィンドウ設定手段と、該ウィンドウ設定手段により設定した各ウィンドウ上で向かい合う2辺上の点同志を結んでできる全線分に対して、各線分上にあるエッジ点の点数を数数するエッジ点計数手段と、各ウィンドウに対して該エッジ点計数手段により得られたエッジ点計数値が最も多い線分をそのウィンドウ内での検出直線として検出する直線検出手段と、自車走行車線の隣接車線から自車走行車線に進入する車両を検出する割り込み車両検出手段と、割り込み車両が検出されたウィンドウに対しての重み付け値を変更する重み付け変更手段と、各ウィンドウの検出直線と重み付け値により車

4

線表示ラインを検出し、該車線表示ラインより道路形状を検出する道路形状検出手段と、を備えて構成するようにした。

【0011】請求項2に記載の発明は、前記割り込み車両検出手段は、前記ウィンドウ設定手段により設定した個々のウィンドウに対し、前記エッジ点計数手段で連続的に計数された検出直線上のエッジ点計数値が一定値以上になった場合に、そのウィンドウ内に割り込み車両が存在すると判断するようにした。請求項3に記載の発明は、前記エッジ点計数手段により検出された検出直線上のエッジ点計数値の経時変化の周期性を求めるエッジ点計数値周期性検出手段を設け、検出したエッジ点計数値の経時変化が該周期性を失った場合に、そのときのウィンドウ内に割り込み車両が存在すると判断するようにした。

【0012】請求項4に記載の発明は、破線の車線表示ラインの有線部の長さや無線部の長さに基づいてウィンドウの大きさを変更するウィンドウ大きさ変更手段を設けるようにした。請求項5に記載の発明は、前記ウィンドウ大きさ変更手段は、前記ウィンドウを道路上に投影したときの車線方向の大きさを、破線の車線表示ラインの有線部の長さや無線部の長さとの間に設定するようにした。

【0013】請求項6に記載の発明は、前記エッジ点計数手段により検出された検出直線上のエッジ点計数値の経時変化からそのウィンドウ内で検出された検出直線が実線の車線表示ラインであるか破線の車線表示ラインであるかを判別する実線破線判別手段を設け、検出直線が破線の車線表示ラインであったときにのみ前記割り込み車両判断を行うようにした。

【0014】

【作用】請求項1に記載の発明においては、各ウィンドウの検出直線上のエッジ点数に基づいて割り込み車両の存在を検出し、割り込み車両が存在するウィンドウに対しては重み付け値を小さくした。これにより隣接車線からの割り込み車両が存在した場合にも、割り込み車両の存在するウィンドウからの道路形状の検出に及ぼす悪影響を軽減することができ、道路検出の精度や安定性が向上する。

【0015】請求項2に記載の発明においては、各ウィンドウにおいて破線の車線表示ラインの有線部・無線部を繰り返し検出するために、エッジ点計数値 P_{max} が周期的に変化することを利用している。この変化の最大値よりエッジ点計数値が大きくなったときに、ウィンドウ内で車線表示ラインより長い影等をもたらす割り込み車両が存在したと判断することができる。そこで、エッジ点計数値の周期的な経時変化の最大値より大きな割り込み判断のためのしきい値 P_{th} を設定し、そのしきい値以上になった場合に、割り込み車両が存在すると判断する。これにより、割り込み車両を安定して検出するこ

とができる。

【0016】請求項3に記載の発明においては、エッジ点計数値の周期的な経時変化の取り得る範囲から外れた場合に、エッジ点計数値の周期性を失ったとして割り込み車両が存在すると判断することにより、割り込み車両の存在を検出することができる。また、この発明においては、エッジ点計数値が割り込み車両からの影響を受けて増加するときに、エッジ点計数値の周期性は失っているものの、割り込み判断のためのしきい値 P_{th} にまだ到達していない時点で割り込み車両を検出することができるため、請求項2に記載の発明より早期に割り込み車両を検出することができる。

【0017】請求項4に記載の発明においては、直線検出を行うウィンドウの大きさを車線表示ラインの有線部と無線部の長さに応じた適切な値に修正するウィンドウ大きさ変更手段を設けることにより、割り込み車両の検出の信頼性や安定性を向上させることができる。請求項5に記載の発明においては、直線検出を行うウィンドウの大きさを車線表示ラインの有線部と無線部の長さの間に設定するため、エッジ点計数値の変化を十分大きくとることができる、割り込み車両の検出感度を向上させることができる。

【0018】請求項6に記載の発明においては、車両の割り込みは破線の手線表示ラインを横切って行なわれるので、検出している車線表示ラインが実線であるか破線であるかを判別する手段を追加し、破線である場合だけ割り込み判断を行い、実線の場合には割り込み判断を行わないようにすることで、計算負荷を軽減することができる。

【0019】

【実施例】以下、この発明の実施例を図面に基づいて説明する。まず請求項1に記載の発明の一実施例について説明する。図1は請求項1に記載の発明による道路形状の検出装置の構成を示すブロック図である。その構成は、前方の道路の画像を取り込む画像入力手段11と、前記画像入力手段11から取り込んだ画像にエッジ点抽出処理を施し車線表示ラインや車両等を表すエッジ点を抽出するエッジ点抽出手段12と、エッジ点抽出処理を施した画像に対して道路形状を検出するためのウィンドウを複数個設定するウィンドウ設定手段13と、各ウィンドウの上

出手段18と、から構成される。

【0020】図5は、この発明の一実施例として障害物報知システムに応用したときの装置構成のブロック図である。この障害物報知システムとは、自転車走行車線に隣接した走行車線からの割り込み車両を速やかに検出し、運転者に的確な報知するものである。その構成は、前方道路画像を取り込むための撮像装置51と、取り込まれた前方道路画像に付して処理を行い自転車の走行車線に対する変位量、角度、先行車または割り込み車両までの距離を出力する画像処理装置52と、自転車の走行車速を検出する車速センサ53と、先行車もしくは割り込み車両までの車間距離と自車速を勘案して接近度を判断する接近度判断装置54と、接近しすぎと判断された場合に報知する報知装置55とから成る。

【0021】次に、各構成要素の説明をする。まず撮像装置51においては、自転車前方の道路を1フレーム毎に連続的に撮像する。この画像データを画像処理装置52に送り、画像データの画面左上を原点に水平方向をx方向、垂直方向をy方向として、各画素毎に座標 $G(x, y)$ を割り付ける。画像処理装置52においては、図6に示す処理を行なう。この処理について説明すると、まず道路形状検出処理60においては、取り込まれた前方の道路の画像にエッジ抽出処理を施し、車線表示ライン等を表す直線成分を強調する。この直線成分の近傍に台形のウィンドウを車線表示ラインを含むように複数個設定し、各ウィンドウ内において直線を検出し、これらの検出した各ウィンドウの直線から車線表示ラインの位置を認識し道路形状を推定するここで、割り込み車両の有無を判定処理61により行い、割り込み車両がない場合には検出した自転車線上の先行車両を検出する先行車両検出処理62を行なう。

【0022】また、割り込み車両がある場合には各ウィンドウにおいて割り込み車両を検出したときにそのウィンドウの重み付け値を小さく変更すると共に、先行車両あるいは割り込み車両までの車間距離 R を算出する割り込み車両検出処理63を行なう。以上説明してきたように撮像した画像に対して処理する一方、車速センサ53により自転車速度 V_f を検出する。この自転車速度 V_f と前記車間距離 R とを接近度判断装置54に出力し、接近度を表す指標である報知距離 R_s を算出する。そして、接近度判断装置54は報知距離 R_s と車間距離 R を比較することにより、先行車両への接近度を判断し、接近しすぎと判断される場合に報知させるための作動信号を出力する。この作動信号を受けて報知装置55が報知させる。この報知の方法としては、例えば、報知ランプ等による視覚的な呈示、音の発生等の聴覚的な呈示が挙げられる。

【0023】次に、道路形状検出処理61と、先行車検出処理62と、割り込み車両検出処理63の詳細な処理内容について順次説明する。図7は道路形状検出処理61のフローチャートである。まず始めにステップ71で、撮像装置

51から撮像した前方の道路画像を入力する。次に、ステップ72で撮像した道路の画像のエッジ点を抽出する。ここで、エッジ点とは、明るさの急激に変化する点を意味している。このエッジ点を抽出するには、入力画像G(x, y)に対して、例えばSobelオペレータによりフィルタ処理してx方向の一次微分を求め、その値Sx(x, y)をG(x, y)の濃度値とする。次に、しきい値CsとSx(x, y)とを比較し、Sx(x, y) > Csである点を抽出し、この点をエッジ点と判断する。尚、しきい値Csは入力画像の明るさの度合いによって適宜決定される。このエッジ抽出処理により車線表示ラインの検出が容易な画像を得ることができる。

【0024】次にステップ73において、図20に示すような車線表示ライン近傍に車線表示ラインが含まれるようにウィンドウ201を複数個設定する。ここでは図20の水平方向をx方向とし、垂直方向をy方向とする。ここにおいて自車両に近い領域、即ち画面下方のウィンドウy方向の幅を広く設定しているのは、左側の車線表示ライン202および右側の車線表示ライン203の直線性が高いため、逆に自車両から遠い領域のウィンドウのy方向の幅を小さく設定しているのは、特に曲線路の場合には画面上での車線表示ラインの直線性が悪くなるためである。

【0025】尚、これらのウィンドウのx方向およびy方向の位置、設定個数、x方向の幅、y方向の幅等の各種パラメータは、カメラの画角、取付位置、画像の分解能等の諸要因により適宜変化させる。ステップ74においては、設定された各ウィンドウにおいて、その上辺の1点と下辺の1点を結ぶ全ての線分の中から、車線表示ラインを表す線分を検出する。

【0026】この検出方法は図21に示すように、上辺211のn個の点の中の1点213と、下辺212のm個の点の中の1点214を、それぞれ通るようなn×m本の線分の中から、最もエッジ点を多く含む線分を検出するものである。その具体的な処理を図8のフローチャートに示した。エッジ点抽出処理により得られたエッジ画像に対し、ステップ81において変数i, j, P...を初期化後、ステップ82において上端(x_{ei}, y_e)、下端(x_{di}, y_d)を結ぶウィンドウ内の線分上の画素でエッジ点の和p_{ij}を算出する。

【0027】次に、ステップ83でエッジ点数p_{ij}と過去のエッジ点数の最大値P...との比較を行い、p_{ij}がP...よりも大きければステップ84でP...、x_e、x_dの値を更新する。この処理を下端の点の配列を表すjを*

$$x = bz^2 + cz + a - ke$$

$$y = dz - H_0$$

ここで、aは自車両91左側車線表示ライン92と車両中心93との距離(偏位)、bは道路の曲率、cはz=0(カメラの高さに相当する)における車線表示ラインの接線方向94に対するヨー角95、dは道路とz軸との相対角度

* 0からmまで変化させて繰り返し、さらに上端の点の配列を表すiについても0からnまで繰り返す。最終的にステップ85でエッジ点の和が最大となる線分の上側および下側の座標値x_e、x_dと、エッジ点の和の最大値P...が得られる。このP...をエッジ点計数値と呼ぶことにする。また、P...は検出された直線が車線表示ラインである信頼度を表す指標でもあり、後に示すウィンドウの検出直線の重み付け処理で用いられる。

【0028】ステップ75においては、各ウィンドウにおいて割り込み車両が存在するかどうかをエッジ点計数値の比較により判断する。これは、各ウィンドウにおいて破線の車線表示ラインの有線部・無線部が繰り返し検出されるためにエッジ点計数値P...が変化するが、ウィンドウ内に割り込み車両が存在する場合には車線表示ラインより長い影等に影響され、この変化の最大値よりエッジ点計数値が大きくなることを利用している。

【0029】具体的には、請求項2に記載の発明のように各ウィンドウにおけるエッジ点計数値P...の値が所定値P₁₁₁₁以上である場合に、そのウィンドウにおいて割り込み車両が存在したと判断する。破線の車線表示ラインが検出される場合のエッジ点計数値P...は、図11に示すように車線表示ラインの有線部の長さウィンドウのy方向の長さに応じたある最小値P₁、最大値P₂の範囲内で周期的に変化する。尚、このときの周期Tは車線表示ラインの有線部の長さL₁と無線部の長さL₂の和を自車速度V₁で除することにより得られる。

【0030】従って、割り込み判断のための所定値P₁₁₁₁は、車線表示ライン検出時の最大値P₂より大きくなるように、各ウィンドウのy座標やウィンドウのy方向の長さに応じて定めればよい。ステップ76においては、各ウィンドウでの検出直線の重み付け値を決定する。基本的には、各ウィンドウの重み付け値としてエッジ点計数値P...を用いればよいが、割り込みが検出された場合には、そのウィンドウの重み付け値は小さい値(例えば0)とする。

【0031】最後にステップ77においては、各ウィンドウにおける検出直線および重み付け値に応じて道路形状を検出する。この道路形状の検出方法の一例として、2次元の道路モデルを用いた検出方法を以下に説明する。自車両前方の道路の3次元形状検出するために、水平形状を2次式、垂直形状を1次式で近似すると、図9および図10に示すように撮像画面上に投影される道路形状は(1)式および(2)式で表される。

$$\dots (1)$$

$$\dots (2)$$

101 (ピッチ角)、eは車線の両側に存在する車線表示ライン間の距離96(車線幅に相当する)、H₀はカメラ102の設置点の地上高103で、kは車線表示ラインに対応する番号(左の車線表示ライン92においては0、右の

車線表示ライン97においては1)である。

【0032】このモデルをx-y平面上に透視変換し、x-y平面における車線表示ラインのモデルを作成する*

$$x_i = (a + k e)(y - d) + b / (y - d) + c \quad \dots (3)$$

いま、自車両の進路は時間に対して滑らかに変化すると仮定し、前フレーム画像で検出した直線の端点と、現フレーム画像で検出した直線の端点との座標の差 Δx ※

$$\Delta x_i = A \cdot \Delta a + B \cdot \Delta b + C \cdot \Delta c + D \cdot \Delta d + E \cdot \Delta e \quad \dots (4)$$

ここで、

$$A = \partial x_i / \partial a = y - d$$

$$\star B = \partial x_i / \partial b = 1 / (y - d)$$

$$\star 10 \quad C = \partial x_i / \partial c = 1$$

$$D = \partial x_i / \partial d = -(a + k e) + b / (y - d)^2 \quad \dots (5)$$

であり、yはウィンドウ内で構成される直線の端点のy座標を表す。従って、同一ウィンドウ内の直線検出によって求められる前フレーム画像における検出直線の端点と、現フレーム画像における検出直線の端点とのx座標の差を K_{i1} としたときに、 K_{i1} と(4)式より得られるxの変動量の各ウィンドウ毎の値 Δx_{i1} との差が最小と☆

$$\varepsilon = \sum \sum p_{i1} (\Delta x_{i1} - K_{i1})$$

尚、 p_{i1} はウィンドウ内で検出された直線の信頼度を表しており、前述のエッジ点数値 P_{i1} に相当する値である。ここにおいて、 ε が最小になる $\Delta a \sim \Delta e$ の値を算出した後、(3)式の道路形状を示すパラメータ $a \sim e$ にこれらの値をそれぞれ加えることにより、車線表示ラインを認識し、これを基に道路形状を検出することができる。

【0034】次に、図6の先行車両検出処理62の詳細を図12のフローチャートを用いて説明する。まず、ステップ121においては自車の前方の道路の画像に対して、例えば、横方向のSobelオペレータを用いたフィルタリング処理により水平エッジを抽出する。

【0035】次にステップ122においては、抽出した水平エッジの濃度値を水平エッジしきい値Vと比較し、水平エッジの濃度値が水平エッジしきい値Vより小さいものを全て検出し、先行車両の影の候補とする。ステップ123で、影の候補として選出された水平エッジの中で最も画面下方に存在するものを検出する。

【0036】ステップ124で、前記水平エッジの上下方向の位置yを算出し、水平エッジが先行車両の影によるものかを、例えば前記yの経時変化や前記水平エッジの形状から判定する。この処理は、例えば道路の上にある◆40

$$R = F \cdot H_0 / (y - d)$$

ここで、Fは撮像装置51のカメラレンズの焦点距離である。

【0039】次に、図6の割り込み車両検出処理63の詳細を図14を用いて説明する。割り込み車両の検出には、まず割り込み車両が検出されたウィンドウ141を拡大した車両検出ウィンドウ142を設定し、その車両検出ウィンドウ142内において、先行車両検出処理62と同様の処理を行なう。そして割り込み車両が存在する場合に、割り込み車両までの車間距離Rを算出する。

*と、各車線表示ラインに対するx座標 x_i は(3)式で表される。

※ i は、(3)式をテイラー展開し、2次以降の項を省略することにより(4)式で表される。

☆なるような道路形状を表すパラメータの変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ を最小二乗法により算出する。ここで、lは道路上の車線表示ライン1本に対して設定されるウィンドウの数を表す。

【0033】いま、 ε を K_{i1} と Δx_{i1} の差の評価関数とすると、

$$\dots (6)$$

◆橋梁の影や、隣車線を走行している車両の影を先行車と誤検出することを防ぐために行なう。先行車両の影の検出がなければ、先行車両なしと判断し、先行車両の影があると判断された場合にはステップ125にて、検出した先行車両の影の上方に車両形状を検出するためのウィンドウを設定する。このウィンドウは、図13に示すように検出した先行車131の影132に隣接した上方に、先行車の影の左右幅より少し横方向(x方向)に広いウィンドウ133を設定する。

【0037】次にステップ126で、このウィンドウ133内の垂直エッジ134を抽出し、ステップ127で1組(2本)の垂直エッジを検出する。これは、車両形状の特徴として先行車131の車体下部の左右の隅にはタイヤ135が存在し、エッジ抽出された画像には車幅Wの間隔で垂直エッジが検出されることが予測できるので、これを利用して車両を検出しようとするものである。1組の垂直エッジ134が検出された場合には先行車両ありと判断し、検出されない場合には先行車両なしと判断する。

【0038】ステップ128において、先行車両がある場合には先行車両の影132の垂直方向の位置yを用いて(7)式から自車両と先行車両との車間距離Rを算出する。

$$\dots (7)$$

【0040】このように、必要なときに必要な領域だけ割り込み車両の検出処理を行なうことにより、全体の検出処理の計算負荷を軽減することができる。次に、接近度判断装置54の動作を図15のフローチャートを用いて説明する。まず、ステップ151で車速センサ53からの自車速Vfおよび画像処理装置52からの車間距離Rを読み込む。

【0041】そして、ステップ152において車間距離Rの変化率を算出することで自車両と先行車両の相対速度

$V_r = dR / dt$ を求める。この相対速度は、例えば時間に対する車間距離の変化を最小二乗法により求めることにより得られる。その後ステップ153で報知距離を算*

$$R_{s1} = V_f T_{d1} + (V_f^2 - V_a^2) / 2 \alpha_1$$

$$R_{s2} = V_f T_{d2} + (V_f^2 - V_a^2) / 2 \alpha_2$$

ここで、 V_f は自車速度、 T_{d1} 、 T_{d2} は運転者の反応時間やブレーキの立ち上がり時間などによる空走時間、 V_a は先行車両の速度、 α_1 、 α_2 は自車両の減速度で、 $T_{d1} > T_{d2}$ 、 $\alpha_1 < \alpha_2$ である。 ※

$$R \leq R_{s1}$$

(9) 式が成立する場合には1次報知距離以下の状態であり、1次報知もしくは2次報知を発生させる。また (9) 式が成立しない場合にはステップ151に戻る。 ★

$$R \leq R_{s2}$$

(10) 式が成立する場合には2次報知距離以下の状態であり、ステップ291の2次報知を発生させ、ステップ292で2次報知用の報知ランプを点灯するようにする。

【0044】また(10)式が成立しない場合には、ステップ156で現在の時刻 T と報知発生時 T_{r1} から報知時間 Δt 経過したかを判断して、報知時間 Δt 以内であれば、ステップ157で1次報知用の報知音を発生し、ステップ158で1次報知用の報知ランプを点灯する。もし報知時間 Δt を越えていれば、ステップ159で1次報知用の報知音を停止し、報知ランプのみ点灯する。そして1次報知および2次報知ともに発生後はステップ151に戻り、これらの処理を繰り返す。

【0045】次に、請求項3に記載の発明の一実施例を説明する。前述の請求項2に記載の発明は、各ウィンドウにおいて破線の車線表示ラインの有線部・無線部が繰り返し検出されるためにエッジ点計数値 $P_{...}$ が変化す

るが、ウィンドウ内に割り込み車両が存在する場合には車線表示ラインより長い影等に影響され、この変化の最大値よりエッジ点計数値が大きくなることを利用している。そこで、ここではエッジ点計数値 $P_{...}$ の変化の周期性を積極的に利用して割り込み車両を検出している。 【0046】図2はこの発明の構成を示すブロック図で、図1に示す請求項1に記載の発明の構成要素に、検出した直線上のエッジ点数の変化から周期性を検出するエッジ点数周期性検出手段21が付与された構成となっている。その検出方法は、エッジ点数周期性検出手段21により各ウィンドウ内でエッジ点計数値の時間に対する周期性が保たれているかを検出し、保たれていなければ割り込み車両判別手段16により割り込み車両の検出を行い、保たれていれば割り込み車両は無いと判断して道路形状検出手段18により道路形状を検出するものである。

【0047】このエッジ点計数値 $P_{...}$ の変化の周期性を検出するには、少なくとも1周期分のデータが必要である。例えば、画像の処理周期が30Hzで、破線間隔20m、最低車速50km/h（高速道路上での使用を想定）の場合には、エッジ点計数値 $P_{...}$ を最低44回測定したデ

* 出する。このステップにおいては、1次報知用の報知距離 R_{s1} と、2次報知用の報知距離 R_{s2} をそれぞれ算出する。この報知距離は(8)式により求められる。

$$\dots (8)$$

※【0042】ステップ154においては、車間距離 R と1次報知距離 R_{s1} を比較して(9)式により接近度を判断する。

$$\dots (9)$$

★【0043】ステップ155においては、さらに2次報知距離 R_{s2} と車間距離 R を比較し、(10)式により接近度を判断する。

$$\dots (10)$$

ータを記憶しておく必要がある。次に具体的な検出処理を図16に基づいてステップ毎に説明する。

【0048】①毎回の検出におけるエッジ点計数値161の中で、時刻 t_0 から ΔT だけ前($t_0 - \Delta T$)でのエッジ点数 P_0 を、時刻 t_0 でのエッジ点計数値 P_{10} と比較することにより、エッジ点計数値の増減の方向162を求める。

②時刻($t_0 - \Delta T$)でのエッジ点計数値 P_0 から、エッジ点計数値の変化の1周期前のデータの時刻 $t_{1...}$ を求める。即ち、時刻($t_0 - \Delta T$)でのエッジ点計数値161とエッジ点計数値の増減の方向162が一致するエッジ点計数値を過去に遡って検索し、該当するデータの時刻 $t_{1...}$ を求める。

【0049】③1周期前のエッジ点計数値 $P_{1...}$ から ΔT だけ後($t_{1...} + \Delta T$)のデータのエッジ点計数値を求め、この値を P_c とする。

④エッジ点計数値 P_c を中心として、一定値 ΔP だけの幅を持たせた範囲($P_c \pm \Delta P$)を時刻 t_0 でのエッジ点計数値の推定変化範囲(割り込み車両がない場合に取

り得る範囲)として設定する。 【0050】⑤時刻 t_0 のエッジ点計数値 P_{10} が、この推定変化範囲に収まっているか判別する。推定変化範囲に含まれていなければ割り込みが発生していると判断し、含まれていれば割り込みが発生していないと判断する。ここでエッジ点計数値 $P_{...}$ の推定変化範囲を設定するための一定値 ΔP の値は、小さく設定する程割り込み車両の検出感度が高くなるが、外乱に対する感度も高くなるために実用的でなくなる。そこで、過去の1周期分のエッジ点計数値 $P_{...}$ から最大・最小値を求め、推定変化範囲の上限値・下限値をこの最大・最小値と設定してもよい。

【0051】尚、ここにおいては自車速度は変化しないと仮定しているが、自車速度変化を考慮して記録したエッジ点数の各データから、データ間を補間するなどして通常変化範囲を求めれば、検出の安定性をより一層向上させることができる。更に他の方法を示す請求項4に記

載の発明の一実施例について説明する。この発明では車線表示ラインの検出感度を上げるために、ウィンドウの大きさを適切な値に設定して検出を行ない、検出感度を向上させるものである。

【0052】図3は、請求項4に記載の発明の構成を表すブロック図で、図1に示す請求項1に発明におけるエッジ点数計数手段14にウィンドウの大きさ変更手段31が付与された構成となっている。このウィンドウ大きさ変更手段31により、車線表示ラインを検出するに最適なウィンドウ大きさに設定することができる。ここで、ウィンドウの大きさを変更する原理について説明する。

【0053】図17は、図20に示すウィンドウ204と、車線表示ラインを道路上に投影した結果である。いま、道路上でのウィンドウ171内の車線表示ライン172の長手方向に対する長さ173を h 、有線部の長さ174と無線部の長さ175をそれぞれ L_1 、 L_2 として、 L_1 、 L_2 に対するウィンドウの大きさ h が変化したときのエッジ点計数値の変化について考える。

【0054】一般に、高速道路や一般的な自動車道路においては無線部の長さ L_2 は有線部の長さ L_1 よりも長い。そのため、ここでは以下の3つの状況について検討する。

(a) $0 < h \leq L_1$ の場合

(b) $L_1 < h \leq L_2$ の場合

(c) $L_2 < h$ の場合

(a) から (c) の各状況におけるエッジ点数の変化を図18(a)～(c)に示す。ここにおいて図18では、 L_1 、 L_2 、 h の長さを画像平面上における画素数、即ちエッジ点計数値 L_{1v} 、 L_{2v} 、 h_w に換算して表している。この換算は(5)式を用いることにより、幾何学的に求め得る。いずれの場合にもエッジ点計数値の取り得る値は $0 \sim h_w$ の範囲内である。

【0055】(a) $0 < h \leq L_1$ の場合、エッジ点数は、最小値が0で最大値が h_w となり、この $0 \sim h_w$ の区間で周期的に変動する。

(b) $L_1 < h \leq L_2$ の場合、エッジ点数は、最小値が0で最大値が L_{1v} となり、この $0 \sim L_{1v}$ の区間で周期的に変動する。

(c) $L_2 < h$ の場合、エッジ点数は、最小値が $h_w - L_{2v}$ で最大値が L_{1v} となり、この $h_w - L_{2v} \sim L_{1v}$ の区間で周期的に変動する。

【0056】ここで、エッジ点数の通常取り得る範囲から逸脱したことを検出する請求項2に記載の発明と、エッジ点数変化の周期性を失ったことから割り込み車両の存在を検出する請求項3に記載の発明と比較しながらウィンドウの大きさを変化させる効果について考える。まず、(a)の場合においては、割り込みが発生してもエッジ点数が $0 \sim h_w$ という通常取り得る範囲から逸脱することはないため、割り込み車両が検出されにくくなる。また、(c)の場合においても h の値が過度に大きくなると、エッジ点計数値の最小値 $h_w - L_{2v}$ と最大値

L_{1v} の差が小さくなり変化の周期性が不明確になる。そのため、(a)と同様に割り込み車両が検出されにくくなる。

【0057】従って、ウィンドウの大きさ h は、エッジ点計数値の変化の振幅が最も大きくなる(b)の範囲($L_1 < h \leq L_2$)に設定されることが望ましい。一般的に同じ形態の道路を走行している場合には、 L_1 、 L_2 の長さは変化しない。そのため、対象とする道路を1つに限定するのであれば、ウィンドウの大きさ h をその道路に合わせて適切な値を選択すればよい。例えば、高速道路の場合には有線部 $L_1 = 8\text{m}$ 、無線部 $L_2 = 12\text{m}$ と定められているので、 h の値を適切に定めることによりエッジ点計数値の変化の振幅を高め割り込み車両を精度良く検出できるようになる。

【0058】しかし、例えば高速道路と一般道路といった道路の種類より異なり、走行している道路の車線表示ラインの長さが変化した場合でも、ウィンドウの大きさ h を前記(b)の範囲に保つには、過去のエッジ点計数値の変化から自動的に最適なウィンドウの大きさを決定する手法が必要である。次に請求項5に記載の発明のステップ60における道路形状検出処理の具体的な処理内容を図19に示す。まずステップ191で前方の道路画像を取り込み、取り込まれた前方道路画像に対してステップ192でエッジ抽出等の画像処理を施し、車線表示ラインの検出が容易な画像を作成する。次にステップ193で直線検出を行うためのウィンドウを設定し、ステップ194においては設定された各ウィンドウにおいて、その上辺の1点と下辺の1点を通る最も確からしい直線を検出する。ここまでの処理内容は、請求項1の発明における図7の処理と同一である。

【0059】次にステップ195においては、過去の1周期分のエッジ点計数値を測定しているか判別する。即ち、処理の初期段階や割り込みが発生した後、あるいはウィンドウの大きさを変更した直後の1周期の間は、新たに1周期分のデータが蓄積されるまで割り込み車両の検出を行わない。ここで、過去1周期分のエッジ点計数値を蓄積するには、自車速 V_f の値に反比例するように個数を決定してもよい。例えば、道路上の車線表示ラインの1周期の長さを L_c 、画像取り込み周期を ΔT とすれば、 $L_c / (V_f \cdot \Delta T)$ 個のエッジ点計数値を取り込めば少なくとも1周期分は確保することができる。

【0060】また、過去の1周期分のエッジ点計数値が確保されている場合においては、ウィンドウの大きさ h_w を最適な値に変更する。具体的には、ステップ196で過去の1周期のエッジ点計数値の最大値 P_v を算出し、その値がウィンドウの大きさを表す h_w と等しいか判別する。もしエッジ点計数値の最大値 P_v がウィンドウの大きさを表す h_w と等しい場合には、前記(a)の状況であるので、ステップ197でウィンドウの大きさ h_w を拡大する。このウィンドウを拡大する方法としては、現

在のウィンドウの大きさに対して一定画素数（例えば1画素）だけウィンドウを大きく設定すればよい。

【0061】また P_1 と hw が異なる場合には、ステップ198で過去1周期のエッジ点計数値の最小値 P_1 が0に等しいかを判別する。最小値 P_1 が0でない場合には、前記(c)の状況であるので、ステップ199でウィンドウの大きさ hw を縮小する。この縮小の方法は、現在のウィンドウの大きさに対して一定画素数（例えば1画素）だけウィンドウを小さく設定すればよい。

【0062】尚、ここでのウィンドウの大きさの変更は、画像平面上におけるウィンドウの hw を変化させることにより行なうことにする。ステップ197または199でウィンドウの大きさを変更した場合には、ステップ193へ戻り、新しいウィンドウの大きさで処理を継続する。ウィンドウの大きさを変更しなかった場合には、ステップ281にて各ウィンドウにおける割り込み車両の存在を検出し、道路形状を検出する。

【0063】次に他の方法を示す請求項6に記載の発明について説明する。請求項6に記載の発明は、通常、割り込み車両は実線の車線表示ライン側からは発生せず、道路交通法規において車線変更が許されている破線の車線表示ライン側から発生するので、破線の車線表示ラインが検出された場合のみ割り込み車両の検出を行うことにより、検出処理の高速化を図るものである。

【0064】図4は、請求項5に記載の発明の構成を表すブロック図で、図1に示す請求項1に記載の発明の構成に実線破線判断手段41が付与された構成である。ここで、エッジ点計数値の時間的な変化から検出された車線表示ラインが実線であるか破線であるかを判別する実線破線判別手段41について説明する。具体的な実線および破線の判断は、車線表示ライン近傍に設けられた複数のウィンドウの内、1つのウィンドウに着目して検出直線上のエッジ点計数値の周期的変化の有無により判断する。即ち、破線の車線表示ラインの場合は車線表示ラインの有線部および無線部が交互にウィンドウ内に現れるので、エッジ点計数値の経時的な変化態様がある周期性を持つ変化において、周期的変動があった場合は有線部および無線部を繰り返し検出しているため破線と判断し、一方、エッジ点計数値の周期的変動が無い場合には連続した線であるとして実線と判断する。

【0065】そして、破線と判断された場合のみ割り込み車両の検出を行い、実線と判断された際の割り込み車両の検出処理を省くことにより検出処理の高速化を図る。

【0066】

【発明の効果】以上説明したように請求項1に記載の発明においては、各ウィンドウにおける検出直線上のエッジ点数を基に隣接車線からの割り込み車両を検出し、割り込み車両が発生したウィンドウに対しては重み付け値を小さくした。これにより、割り込み車両が発生したウ

ィンドウが道路形状の検出に及ぼす悪影響を最小限に留めることができ、道路形状の検出の精度や安定性が向上する。

【0067】請求項2に記載の発明においては、割り込み車両の検出手段を、エッジ点数の経時変化で特定のしきい値 P_{th} を超えた場合に割り込み車両が発生したと判断することにより、割り込み車両を安定して検出することができる。また請求項3に記載の発明においては、エッジ点数の経時変化で通常取り得る変化範囲から外れた場合に割り込み車両が発生したと判断することにより、割り込み車両を検出することができる。また、エッジ点数が割り込み車両からの影響を受けて増加するときに、エッジ点数の周期性は喪失しているものの、割り込み車両の有無の判断のためのしきい値 P_{th} にまだ到達していない時点、即ち第1の実施例より早期に割り込み車両を検出することができる。

【0068】請求項4に記載の発明においては、直線検出を行うウィンドウの大きさを走行している道路の車線表示ラインの長さに応じて逐次修正することにより、割り込み車両の検出の信頼性や安定性を向上させることができる。請求項5に記載の発明においては、直線検出を行うウィンドウの大きさを破線の車線表示ラインの有線部の長さとな線部の長さの間に設定することにより、割り込み車両の検出感度を向上させることができる。

【0069】請求項6に記載の発明においては、検出している車線表示ラインが実線であるか破線であるかを判別する手段を設け、割り込み車両が発生する可能性がある破線の車線表示ラインであるときのみ割り込み判断を行うこととしたため、全体の計算負荷を軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 請求項1および2に記載の発明のブロック構成図。

【図2】 請求項3に記載の発明のブロック構成図。

【図3】 請求項4に記載の発明のブロック構成図。

【図4】 請求項6に記載の発明のブロック構成図。

【図5】 障害物報知システムの装置構成図。

【図6】 画像処理装置52の処理フローチャート。

【図7】 道路形状検出処理の処理フローチャート。

【図8】 ウィンドウ内での直線検出方法とエッジ点数の計数処理フローチャート。

【図9】 自車両および車線表示ラインの $z-x$ 平面上での位置関係を示す図。

【図10】 自車両と走行路面との $y-z$ 平面上での位置関係を示す図。

【図11】 破線の車線表示ラインが検出される場合のエッジ点数の最大計数値の経時変化を示す図。

【図12】 先行車両検出処理92のフローチャート。

【図13】 先行車両の検出用のウィンドウを示す図。

【図14】 車両検出用ウィンドウの設定方法を示す

17

18

図。

【図15】 接近度判断装置でのフローチャート。

【図16】 破線の車線表示ラインが検出される場合のエッジ点数の最大計数値およびその増減方向の経時変化を示す図。

【図17】 ウィンドウを道路上へ投影して模式的に示した図。

【図18】 ウィンドウのサイズとエッジ点数との経時変化を示した図。

【図19】 道路形状検出処理のフローチャート。

【図20】 自車両前方の走行路状況の車線表示ラインとウィンドウ。

【図21】 ウィンドウ内で直線を検出する方法を説明する図。

【図22】 隣接車両に割り込み車両が存在した場合を示す図。

【図23】 自車両前方の走行路状況で急ブレーキ痕を示す図。

【図24】 自車両前方の走行車線と隣接車線との合流

時の車線表示ラインを示す図。

【符号の説明】

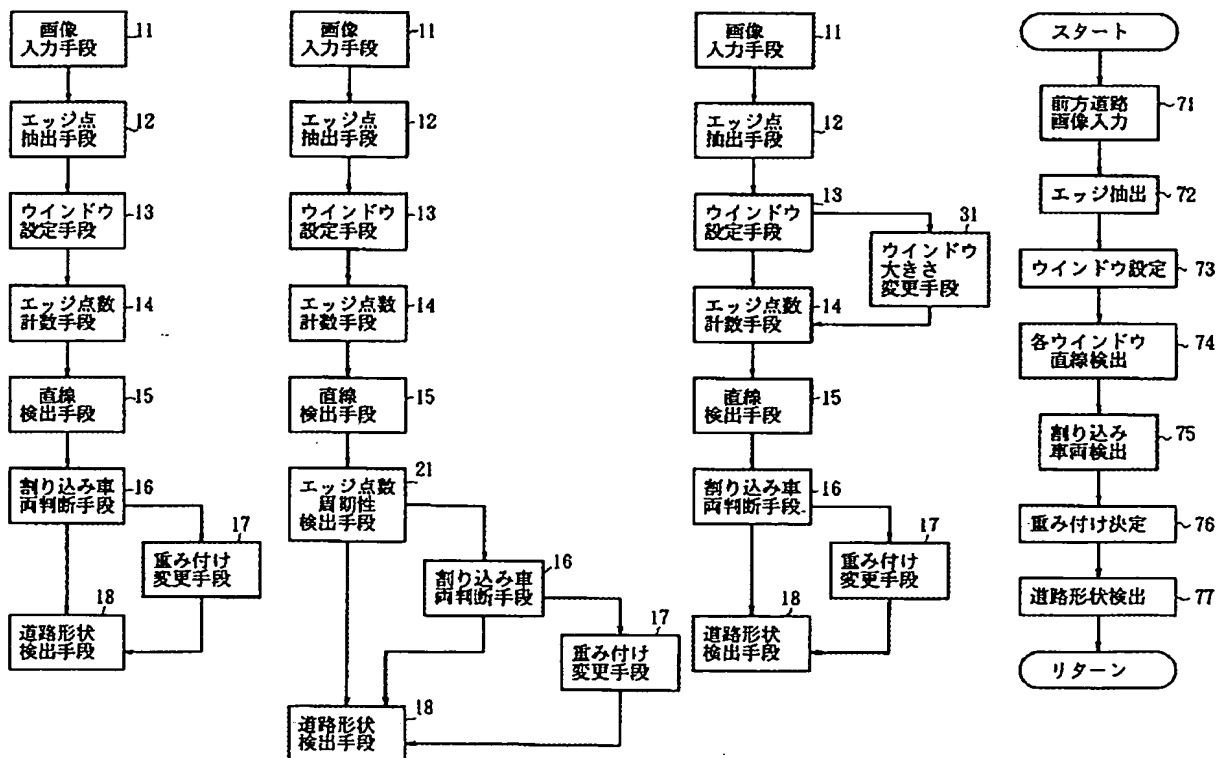
- 11 画像入力手段
- 12 エッジ点抽出手段
- 13 ウィンドウ設定手段
- 14 エッジ点数計数手段
- 15 直線検出手段
- 16 割り込み車両判断手段
- 17 重み付け変更手段
- 18 道路形状検出手段
- 21 エッジ点数周期性検出手段
- 31 ウィンドウ大きさ変更手段
- 41 実線破線判別手段
- 201 ウィンドウ
- 202 車線表示ライン
- 221 自車走行車線
- 222 隣接車線
- 223 割り込み車両
- 224 エッジ

【図1】

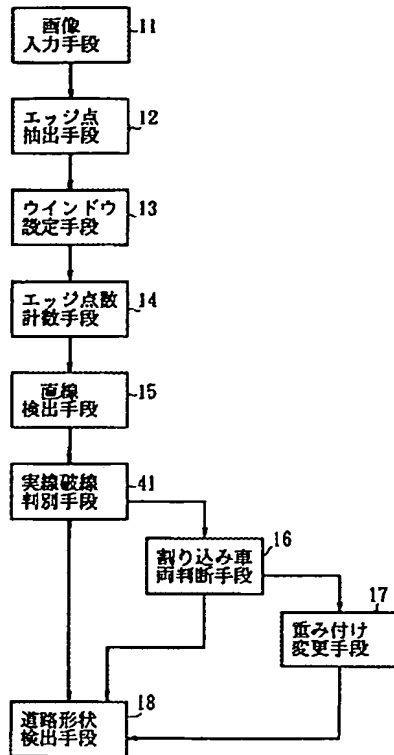
【図2】

【図3】

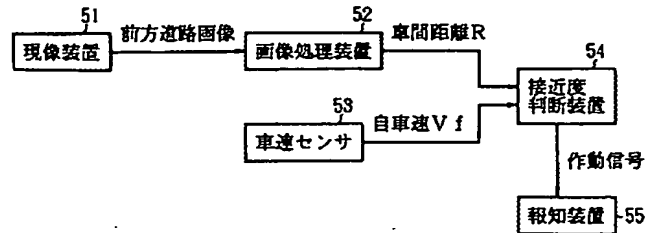
【図7】



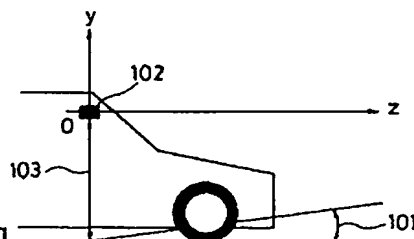
【図 4】



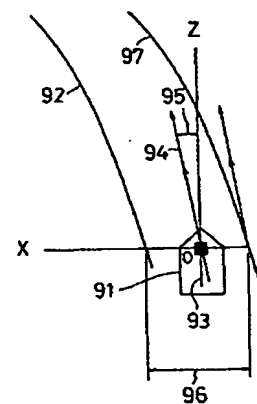
【図 5】



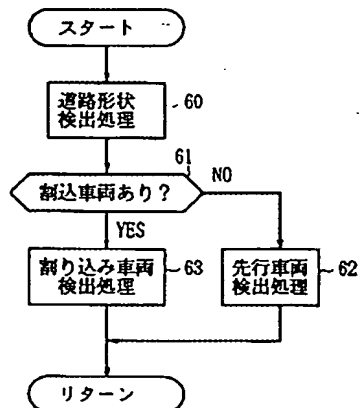
【図 10】



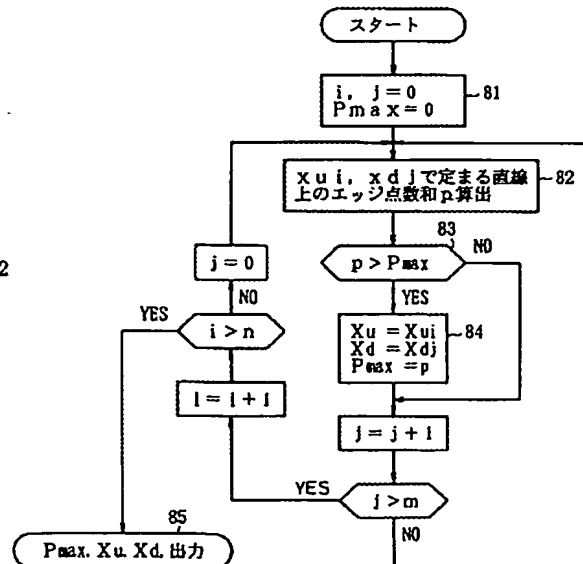
【図 9】



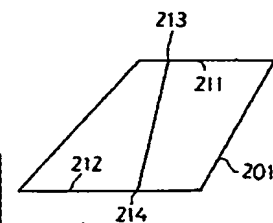
【図 6】



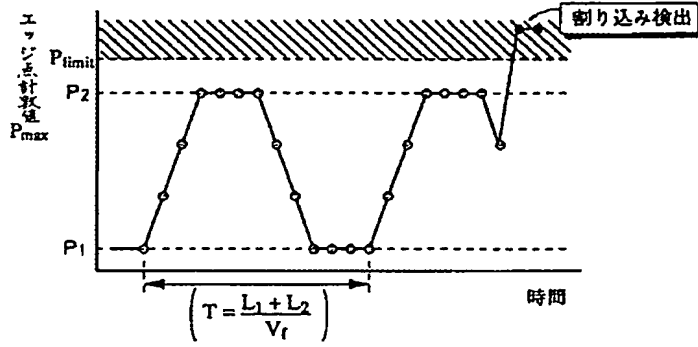
【図 8】



【図 21】

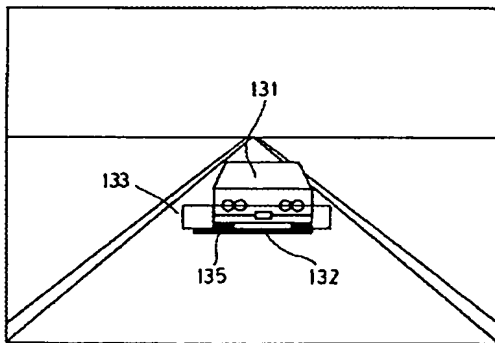


【図 1 1】

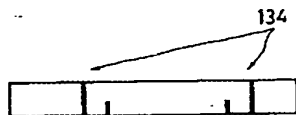


【図 1 3】

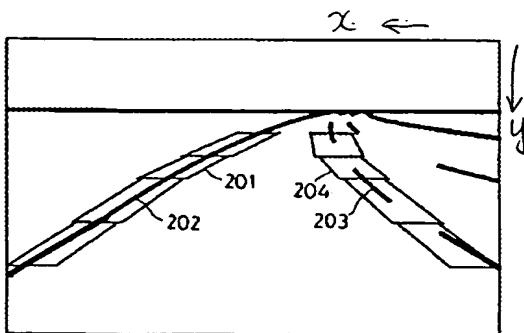
(a)



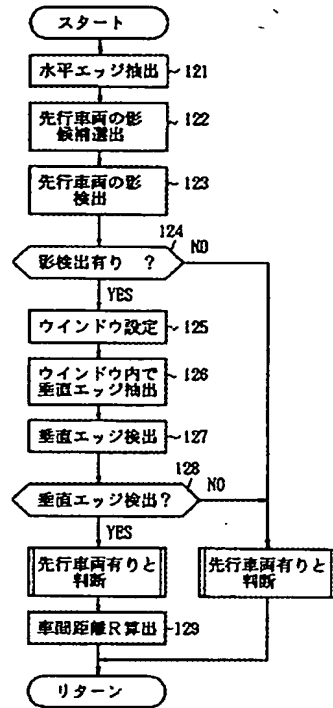
(b)



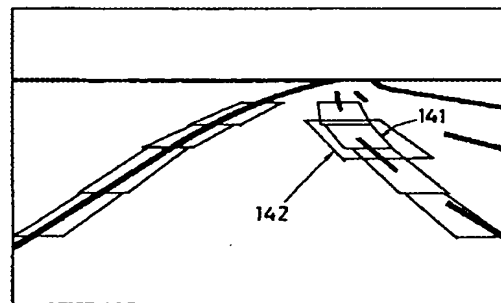
【図 2 0】



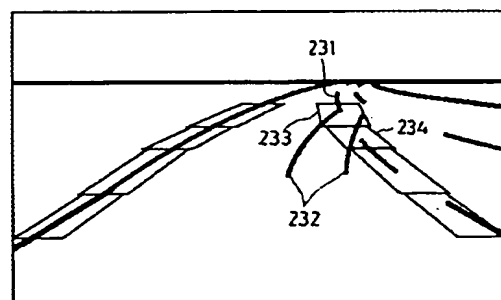
【図 1 2】



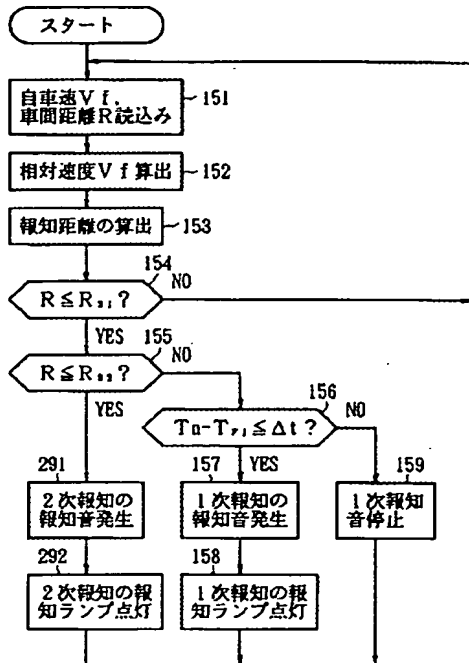
【図 1 4】



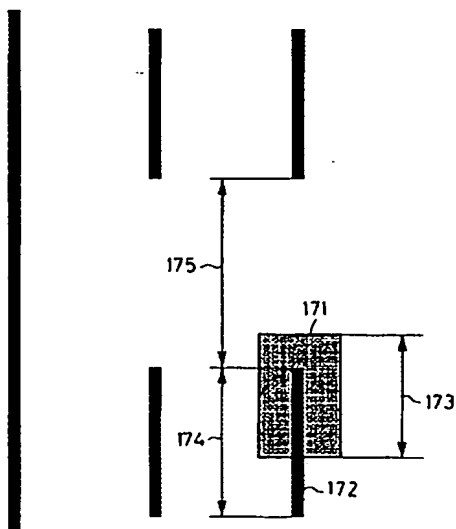
【図 2 3】



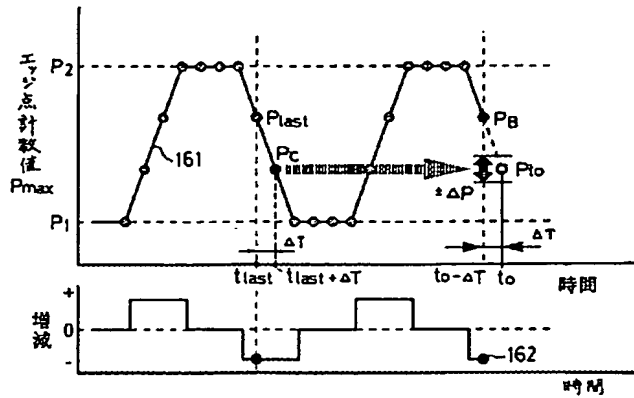
【図15】



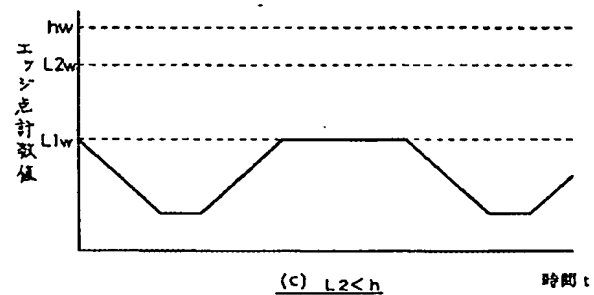
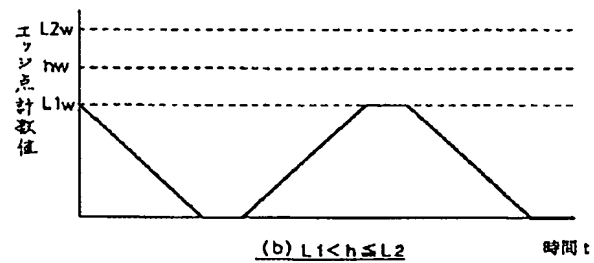
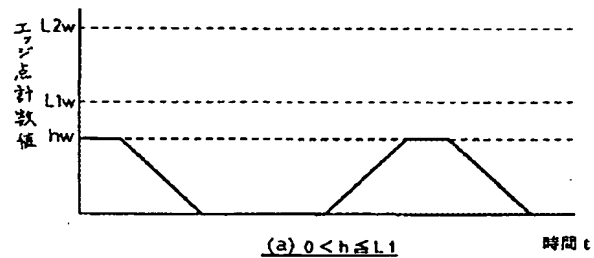
【図17】



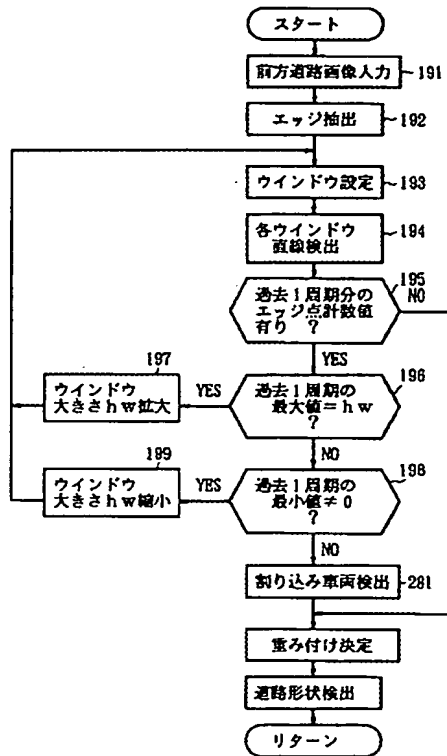
【図16】



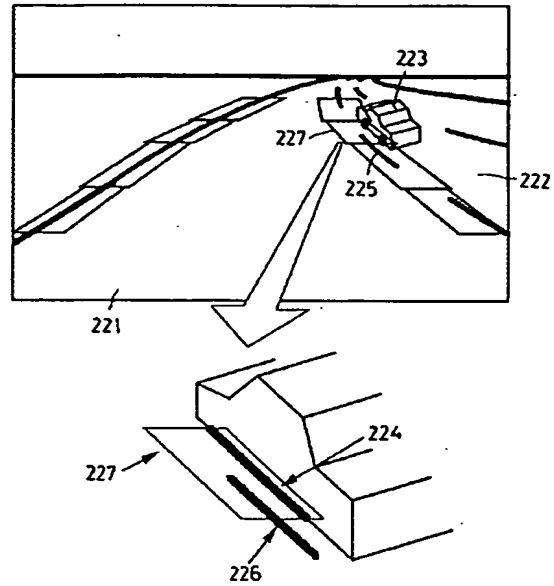
【図18】



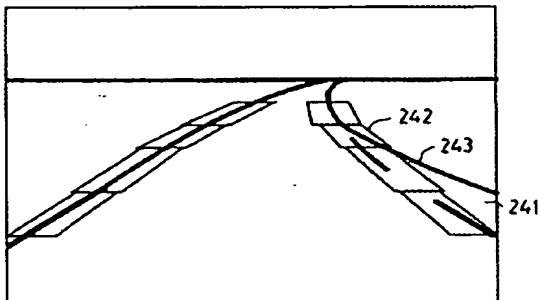
【図 19】



【図 22】



【図 24】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

// G 0 5 D 1/02

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 6 F 15/62

技術表示箇所

3 8 0